

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
31.10.2001 Bulletin 2001/44

(51) Int Cl.7: **G06T 9/20, H04N 7/26,**
G06T 7/20

(21) Numéro de dépôt: **01401094.6**

(22) Date de dépôt: **27.04.2001**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **27.04.2000 CH 8292000**

(71) Demandeur: **CSEM**
Centre Suisse d'Electronique et de
Microtechnique SA
2007 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeurs:
 • **Burgi, Pierre-Yves**
1205 Geneve (CH)
 • **Heltger, Friedrich**
3004 Berne (CH)
 • **Barbaro, Massimo**
09127 Cagliari (IT)
 • **Mortara, Alessandro**
1004 Lausanne (CH)

(74) Mandataire: **Caron, Gérard**
CABINET DE BOISSE ET COLAS,
37 avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris (FR)

(54) **Procédé d'encodage temporel d'une pluralité d'informations pouvant être représentées par des vecteurs**

(57) Ce procédé consiste à transformer chaque information relevée en un signal sinusoïdal ($f_s(t)$) dont l'amplitude maximale représente la magnitude d'un vecteur qui représente cette information et dont la phase représente l'angle (α) de ce vecteur (V), à détecter ladite amplitude maximale ($A_{i,j}$), à comparer cette amplitude maximale à un signal en forme de rampe (r) et à engendrer une première impulsion (a_i, a_j), lorsque le signal en

forme de rampe (r) est égal à l'amplitude maximale, à engendrer une seconde impulsion (p_i, p_j), lorsque la fonction ($f_s(t)$) passe par une valeur nulle après la génération de la première impulsion, lesdites première et seconde impulsions (a_i, a_j, p_i, p_j) formant par leur position dans le temps un encodage temporel de la magnitude et de l'angle dudit vecteur (V) et donc de ladite information.

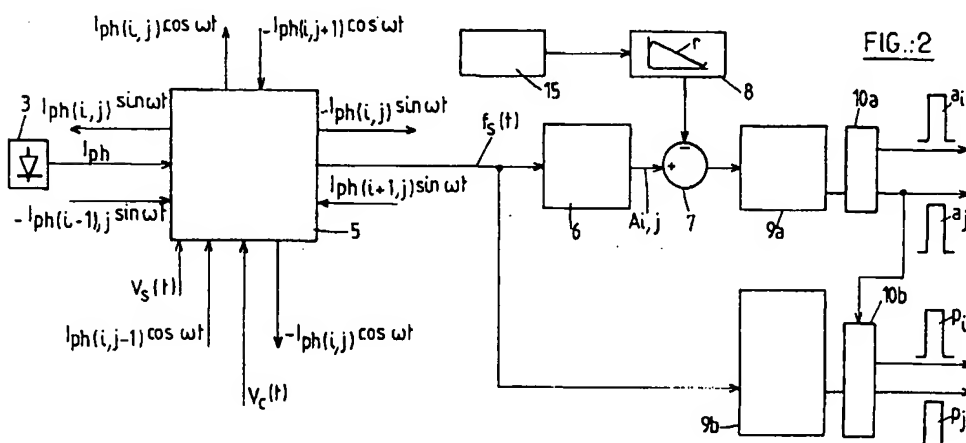


FIG.:2

Description

- [0001] La présente invention est relative à un procédé d'encodage temporel d'une pluralité d'informations pouvant être représentées par des vecteurs ayant chacun une magnitude et une orientation données, lesdites informations étant relevées par une pluralité de capteurs.
- [0002] Un tel procédé peut trouver une application notamment dans le domaine du traitement d'images dans lequel il permet de déterminer la direction et l'amplitude de transitions locales, ou gradients spatiaux, des luminances captées par un réseau de photorécepteurs. Dans ce cas, la magnitude du vecteur peut représenter le contraste local non normalisé de l'image.
- [0003] Cependant cette application spécifique de l'invention doit être considérée comme nullement limitative. Par exemple, le procédé selon l'invention peut également être utilisé pour examiner les vitesses de mouvements d'objets, les informations de vitesse étant alors relevées par des capteurs appropriés.
- [0004] Dans le cas du traitement d'images, la détermination des gradients spatiaux dans de telles applications est réalisée classiquement en effectuant une convolution de l'image à l'aide de kernels de convolution. Cependant, si les gradients doivent être déterminés pour une pluralité de directions, il faut utiliser autant de kernels de convolution, ce qui suppose une puissance de calcul considérable. Une telle méthode n'est donc guère compatible avec le traitement d'images captées par un réseau de photorécepteurs, d'une part, en raison du temps qu'il faut pour effectuer les calculs et d'autre part, parce que la taille importante du circuit nécessaire ne cadre pas avec la taille du réseau de photorécepteurs.
- [0005] L'invention a pour but de fournir un procédé d'encodage d'informations permettant de remédier aux inconvénients qui viennent d'être évoqués et qui procure une rapidité de traitement compatible avec une analyse des informations en temps réel.
- [0006] Elle a donc pour objet un procédé tel que défini en préambule qui est caractérisé en ce qu'il consiste:
- à transformer chaque information relevée en un signal sinusoïdal dont l'amplitude maximale représente la magnitude du vecteur qui représente cette information et dont la phase représente l'angle de ce vecteur;
 - à détecter ladite amplitude maximale;
 - à comparer cette amplitude maximale à un signal en forme de rampe décroissante et à engendrer une première impulsion, lorsque le signal en forme de rampe est égal à l'amplitude maximale;
 - à engendrer une seconde impulsion, lorsque ladite fonction sinusoïdale passe par une valeur nulle après la génération de ladite première impulsion;
 - lesdites première et seconde impulsions formant, par leur position dans le temps, un encodage temporel de la magnitude et de l'angle dudit vecteur et donc, de ladite information.
- [0007] Grâce à ces caractéristiques, le procédé d'encodage ne nécessite que très peu de calcul et fournit un encodage temporel qui peut facilement être exploité.
- [0008] Le procédé de l'invention présente, en outre, l'avantage de pouvoir être mis en oeuvre moyennant une implémentation simple, ce qui est particulièrement important dans le cas où les capteurs sont implémentés sous la forme d'un circuit intégré, chaque capteur pouvant alors être placé à côté de son propre circuit d'exploitation qui est lui-même également intégré.
- [0009] Le procédé selon l'invention peut également présenter les particularités suivantes:
- ladite pluralité d'informations est fournie par des capteurs agencés en réseau, et ledit signal sinusoïdal est le résultat de l'information d'un capteur combinée aux informations des capteurs voisins modulées par une même fonction sinusoïdale par rapport au temps dont l'amplitude et la phase constituent la pondération des capteurs voisins dans ladite combinaison;
 - la pondération est déterminée en fonction de l'emplacement des capteurs voisins par rapport au capteur considéré;
 - lesdits capteurs font partie d'un réseau matriciel;
 - lesdits capteurs comprennent des éléments photosensibles;
 - la pluralité des premières et secondes impulsions sont présentées simultanément sur les bords dudit réseau et codées sur un premier bus commun pour l'amplitude et sur un deuxième bus commun pour la phase, la répartition desdites impulsions sur les lignes de leur bus correspondant à l'adresse dans ledit réseau du capteur ayant donné naissance à ces impulsions et leur apparition dans le temps représentant respectivement la magnitude et l'angle du vecteur concerné;
 - le procédé consiste également à modifier la pente dudit signal en forme de rampe en fonction de l'apparition dans le temps des dites premières et secondes impulsions provenant des différents capteurs.
- [0010] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre

donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 est un schéma symbolique simplifié d'un réseau de capteurs et de ses circuits d'exploitation permettant de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention;
- la figure 1A montre, dans le cadre d'un réseau de capteurs photosensibles, un exemple d'image présentant des gradients spatiaux locaux exprimés par des vecteurs V de magnitude N et d'angle α (phase p) donnés;
- la figure 2 est un schéma plus détaillé de l'implémentation d'un capteur du réseau de la figure 1;
- les figures 3, 4 et 6 sont des schémas de détail de plusieurs blocs du schéma de la figure 2; et
- les figures 5 et 7 sont des diagrammes illustrant le déroulement du procédé d'encodage selon l'invention.

[0011] En se référant à la figure 1, on a représenté, uniquement à titre d'exemple d'application de l'invention, un réseau photosensible 1 de capteurs (ou pixels) disposés selon une matrice de 100×100 pixels, par exemple. Dans le réseau, on aperçoit un pixel 2 de coordonnées i, j ; i étant un numéro quelconque de rangée et j un numéro quelconque de colonne.

[0012] Chaque pixel 2 (figure 2) comprend un élément photosensible 3 qui engendre un courant photoélectrique I_{ph} fonction de l'éclairement local du pixel 2 concerné et constituant ainsi un signal de luminance local. Cet élément photosensible 3 est connecté à un circuit de traitement 5 qui assure, au niveau du pixel considéré, le traitement du signal de luminance se présentant sous la forme du courant I_{ph} . Il y a donc un circuit de traitement 5 par pixel 2.

[0013] Pour effectuer son traitement, le circuit de traitement 5 reçoit des pixels voisins dans le réseau 1 des signaux pondérés en fonction de l'emplacement que ces pixels occupent dans le réseau. Ces signaux sont les suivants:

- $-I_{ph(i-1,j)} \sin \omega t$ du pixel 2 de coordonnées $(i-1), j$
- $+I_{ph(i+1,j)} \sin \omega t$ du pixel 2 de coordonnées $(i+1), j$
- $-I_{ph(i,j+1)} \cos \omega t$ du pixel 2 de coordonnées $i, (j+1)$
- $+I_{ph(i,j-1)} \cos \omega t$ du pixel 2 de coordonnées $i, (j-1)$ et fournit à des pixels voisins les signaux suivants:
- $+I_{ph(i,j)} \sin \omega t$ au pixel 2 de coordonnées $(i-1), j$
- $-I_{ph(i,j)} \sin \omega t$ au pixel 2 de coordonnées $(i+1), j$
- $+I_{ph(i,j)} \cos \omega t$ au pixel 2 de coordonnées $i, (j+1)$
- $-I_{ph(i,j)} \cos \omega t$ au pixel 2 de coordonnées $i, (j-1)$.

[0014] Le circuit de traitement 5 effectue un calcul à partir des signaux qui lui sont appliqués selon l'expression suivante:

$$f_s(t) = (I_{ph(i+1,j)} - I_{ph(i-1,j)}) \cos(2\pi\omega t) + (I_{ph(i,j+1)} - I_{ph(i,j-1)}) \sin(2\pi\omega t)$$

[0015] Dans cette expression, les valeurs $\cos(2\pi\omega t)$ et $\sin(2\pi\omega t)$ sont dérivées de tensions sinusoïdales $V_c(t)$ et $V_s(t)$ appliquées en commun à tous les pixels 2. On peut donc considérer que le circuit de conversion 5 fait office d'un "filtre tournant".

[0016] La fonction sinusoïdale $f_s(t)$ est appliquée à un bloc 6 de maintien et de détection de crête, ce bloc 6 étant destiné à fournir un signal A_{ij} représentant l'amplitude maximale de la fonction $f_s(t)$. Ce signal est appliqué avec le signe + à un additionneur 7.

[0017] L'additionneur 7 reçoit avec le signe - un signal r , en forme de rampe décroissante, provenant d'un générateur de rampe 8. La notion de signal en forme de rampe doit être prise au sens large puisque, comme indiqué précédemment, sa pente peut être rendue variable. La sortie de l'additionneur 7 est connectée au bloc 9a de détection de passage par zéro. Ce bloc de détection est classique et ne sera donc pas décrit en détail. En sortie de ce bloc, une transition est engendrée lors du passage par zéro et transmise au bloc de communication 10a. Sur cette transition, ce dernier bloc délivre simultanément deux impulsions identiques a_i et a_j (appelées "impulsions d'amplitude" par la suite) représentant toutes deux l'amplitude maximale de la fonction; l'une étant associée à la coordonnée i du pixel et l'autre à la coordonnée j . L'apparition simultanée des deux impulsions a_i et a_j à la sortie du comparateur 7 identifie donc de façon certaine le pixel qui aura été à l'origine de cette apparition.

[0018] La fonction sinusoïdale $f_s(t)$ est également appliquée à un autre détecteur de passage par zéro 9b qui détecte toutes les transitions de passage par zéro. La sortie de ce bloc 9b est connectée à un autre bloc de communication 10b qui délivre, après l'apparition des impulsions d'amplitude, une paire d'impulsions p_i et p_j (appelées "impulsions de phase" par la suite) associées respectivement aux deux coordonnées i et j du pixel considéré.

[0019] Les impulsions d'amplitude et de phase ainsi engendrées sont appliquées à un circuit de traitement 11 (figure 1) qui code leur apparition, respectivement, sur les fils de deux bus 12 et 13 sur la base de l'adresse du pixel concerné

dans le réseau 1. Les bus 12 et 13 sont connectés à un dispositif d'utilisation 14 permettant d'exploiter les informations encodées.

[0020] Des circuits de traitement pouvant être utilisés pour le circuit 11 ont été décrits dans un article de Mortara et al., IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol 30, n° 6, juin 1995 et dans le brevet français n° 2 778 994 au nom du Demandeur. On n'en donnera donc pas de description ici.

[0021] On notera que les caractéristiques du signal r en forme de rampe fourni par le générateur 8 peuvent être réglables au moyen d'un circuit de commande 15. On reviendra ultérieurement sur ce point.

[0022] Les figures 3 et 4 illustrent un exemple de réalisation du bloc de conversion 5 de chaque pixel 2. L'élément photosensible 3 est de préférence une diode connectée à deux transistors 16 et 17. Le transistor 17 est branché sur une tension $V_c(t)$, ou $V_s(t)$, proportionnelle à $I_{cos\omega t}$, ou à $I_{sin\omega t}$, qui est ainsi modulée par le photocourant I_{ph} parcourant le transistor 16. Ce montage constitue ce que l'on peut appeler un "multiplicateur à un quadrant".

[0023] Pour obtenir un courant modulé complet sur les quatre quadrants, on peut utiliser le montage de la figure 4. Les valeurs positive et négative du courant $I_{ph} I_{cos\omega t}$ (ou $I_{ph} I_{sin\omega t}$) parcourant le transistor 17 sont respectivement appliquées à deux bornes 18a et 18b auxquelles sont raccordées deux paires d'interrupteurs $\emptyset 1$ et $\emptyset 2$ connectés, par ailleurs, à deux bornes de sortie 19a et 19b sur lesquelles apparaissent, respectivement, les valeurs positive $+I_s$ et négative $-I_s$ du courant de sortie.

[0024] Pendant la phase du courant $I_{ph} I_{cos\omega t}$, les interrupteurs $\emptyset 1$ sont activés pour établir la connexion entre les bornes 18a et 19a et entre les bornes 18b et 19b. Pendant la phase négative, ce sont les interrupteurs $\emptyset 2$ qui établissent la connexion entre les bornes 18a et 19b et entre les bornes 18b et 19a. Les interrupteurs $\emptyset 1$ et $\emptyset 2$ sont commandés par le signal sinusoïdal fourni au réseau 1. Bien entendu, le montage de la figure 4 peut fonctionner mutatis mutandis avec la valeur de sinus du courant modulé. Les répliques positive et négative des courants modulés peuvent être obtenues facilement par un miroir inverseur de courant connu en soi.

[0025] La figure 5 représente les formes d'ondes apparaissant à la sortie du bloc de traitement 5 de chaque pixel 2, le trait en pointillés représentant le niveau de l'amplitude maximale de la fonction $f_s(t)$. P désigne la période des fonctions de filtrage locales $I_{ph} \sin\omega t$ et $I_{ph} \cos\omega t$.

[0026] Un exemple de réalisation du bloc 6 de maintien et de détection de crête est représenté sur la figure 6. Il comprend un miroir de courant composé des transistors 20, 21 et 22. La branche du miroir de courant, comprenant les transistors 20 et 21, est parcourue par la partie positive du courant correspondant à la fonction $f_s(t)$. La valeur maximale du courant du miroir est disponible sur le transistor 22 et est maintenue sous forme d'une tension par une capacité 23 qui peut être intégrée en tant que composant ou être formée par la capacité parasite à l'endroit correspondant du montage.

[0027] La valeur du courant disponible sur le transistor 22 est appliquée à l'additionneur 7 (figure 1) où elle est sommée avec le signal r en forme de rampe provenant du générateur de rampe 8, comme décrit ci-dessus.

[0028] La figure 7 illustre graphiquement le fonctionnement d'un pixel 2 du réseau photosensible selon l'invention.

[0029] Les courbes de la partie a) de cette figure montrent une demi-alternance de la fonction $f_s(t)$ ainsi que la valeur de son amplitude maximale $A_{i,j}$, qui est maintenue dans le bloc 6. On voit que, lorsque le signal en forme de rampe r devient égal à l'amplitude maximale au point 28, une paire d'impulsions d'amplitude a_i, a_j est produite sur les deux sorties du bloc de communication 10a.

[0030] On voit également que l'alternance de la fonction $f_s(t)$, suivant immédiatement l'apparition des impulsions a_i, a_j , est soumise à une détection de passage par zéro dans le bloc 9b ce qui donne naissance à la paire d'impulsions de phase p_i, p_j à la sortie du bloc 10b. Le déphasage correspondant à la direction du vecteur local pour le pixel i, j est indiqué par δp sur les figures 5 et 7.

[0031] Le signal r en forme de rampe produit par le générateur 8 est une fonction décroissante monotone qui ne doit pas nécessairement être linéaire. Il peut, en effet, être avantageux de modifier l'allure de cette fonction pendant sa décroissance afin de pouvoir réguler la densité des événements (impulsions). Plus sa pente sera raide et plus grande sera cette densité. Le circuit de régulation 15, nécessaire à cet effet, peut être réalisé sans difficulté par les spécialistes du domaine technique considéré et ne sera donc pas décrit ici.

[0032] Contrairement aux dispositifs d'analyse d'images de la technique antérieure dans lesquels les informations sont disponibles potentiellement en synchronisme, le procédé selon l'invention permet d'encoder de façon asynchrone les gradients locaux d'information représentés par leurs vecteurs. Les sorties engendrées par le réseau de pixels n'ont ainsi à subir aucun arbitrage, car chaque pixel du réseau fournit son information de gradient de façon indépendante dans le temps par rapport aux autres pixels du réseau. Ainsi, un premier événement, représenté par les impulsions d'amplitude et de phase provenant d'un pixel donné, aura l'amplitude du gradient la plus grande.

[0033] Le procédé de l'invention peut être mis en oeuvre selon deux modes spécifiques. Dans un premier de ces modes on peut présenter au circuit d'exploitation 14 tous les événements (impulsions) fournis par le réseau 1. En revanche, dans le second mode de mise en oeuvre on ne considérera que les événements provoqués par des pixels 2 dont la direction du gradient se trouve dans une plage prédéterminée. Ce deuxième mode peut être mis en oeuvre en appliquant des fenêtres temporelles aux impulsions engendrées. Par exemple, toutes les impulsions de phase

tombant à l'intérieur d'une fenêtre temporelle donnée pourront être prises en compte et les autres être rejetées. On pourra appliquer une autre fenêtre temporelle aux impulsions d'amplitude et ainsi dégager des caractéristiques particulières de l'image étudiée. Le procédé de l'invention présente donc une grande flexibilité.

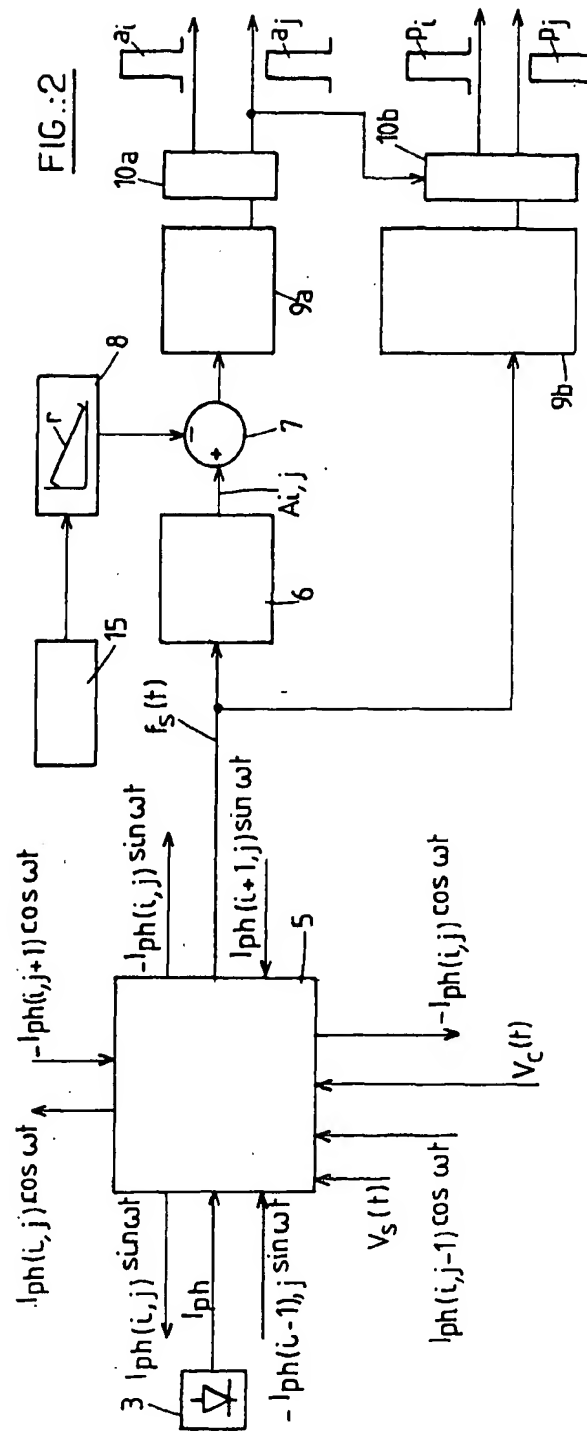
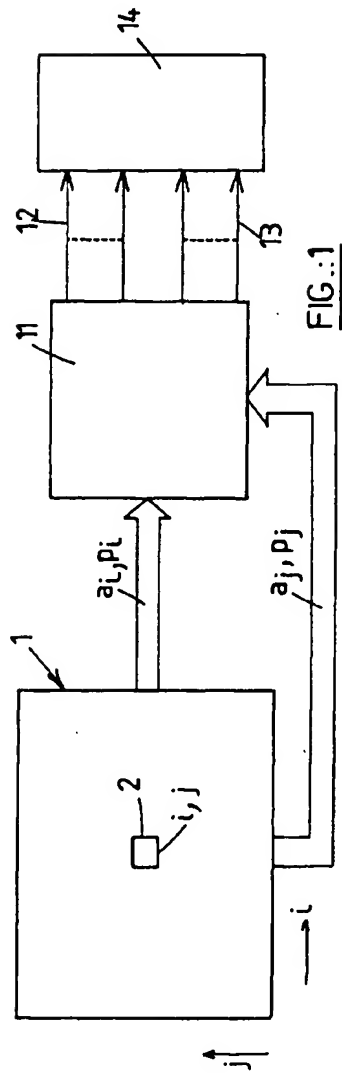
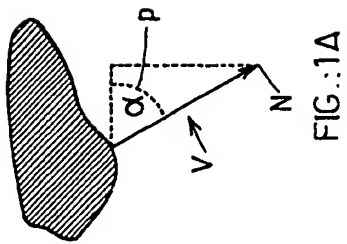
5

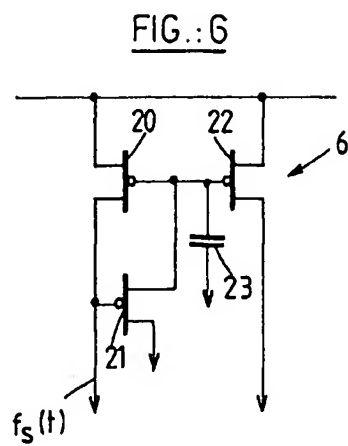
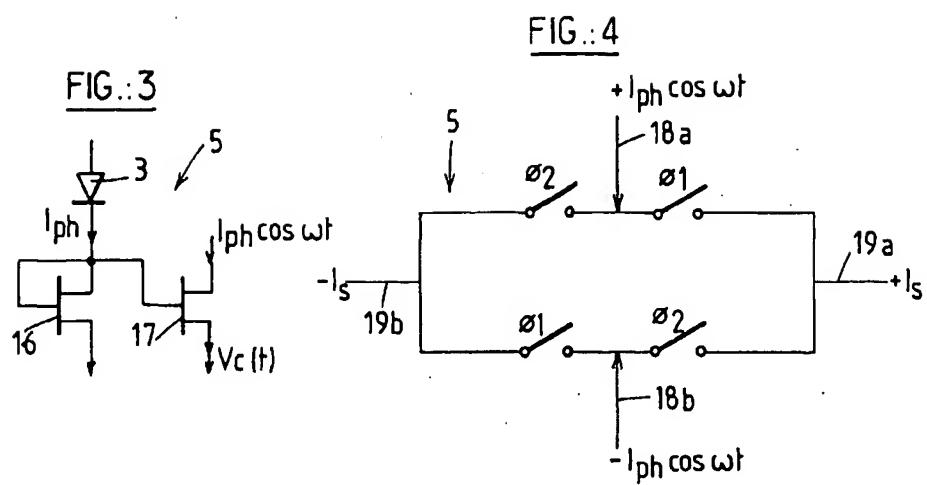
Revendications

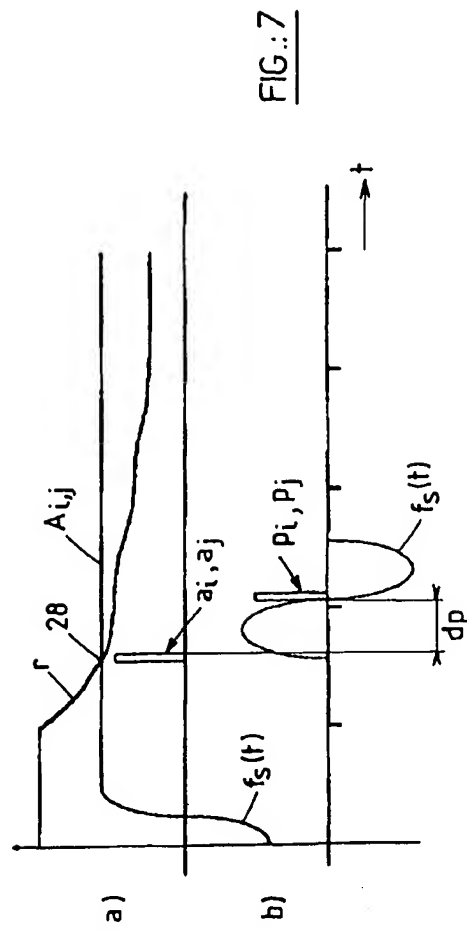
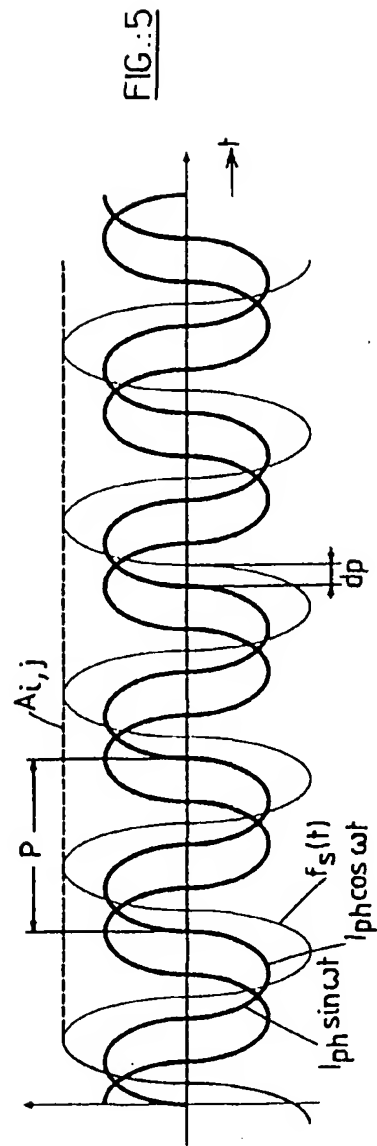
1. Procédé d'encodage temporel d'une pluralité d'informations pouvant être représentées par des vecteurs (V) ayant chacun une magnitude (N) et une orientation (α) données, lesdites informations étant relevées par une pluralité de capteurs (2), **caractérisé en ce qu'il** consiste:
 - à transformer chaque information relevée en un signal sinusoïdal ($f_s(t)$) dont l'amplitude maximale représente la magnitude (N) du vecteur (V) qui représente cette information et dont la phase représente l'angle (α) de ce vecteur (V);
 - à détecter ladite amplitude maximale (A_{ij});
 - à comparer cette amplitude maximale à un signal (r) en forme de rampe décroissante et à engendrer une première impulsion (a_i, a_j), lorsque le signal en forme de rampe (r) est égal à l'amplitude maximale;
 - à engendrer une seconde impulsion (p_i, p_j), lorsque ladite fonction sinusoïdale ($f_s(t)$) passe par une valeur nulle après la génération de ladite première impulsion;
 - lesdites première et seconde impulsions (a_i, a_j, p_i, p_j) formant par leur position dans le temps un encodage temporel de la magnitude (N) et de l'angle (α) dudit vecteur (V) et donc de ladite information.
2. Procédé d'encodage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite pluralité d'informations est fournie par des capteurs (2) agencés en réseau (1), et ledit signal sinusoïdal ($f_s(t)$) est le résultat de l'information d'un capteur (i,j) combinée aux informations des capteurs voisins (i-1, i+1, j-1, j+1) modulées par une même fonction sinusoïdale ($V_c(t)$) par rapport au temps dont la phase constitue la pondération des capteurs voisins dans ladite combinaison.
3. Procédé d'encodage selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la pondération est déterminée en fonction de l'emplacement des capteurs voisins (i-1, i+1, j-1, j+1) par rapport au capteur considéré (i, j).
4. Procédé d'encodage selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, **caractérisé en ce que** lesdits capteurs (2) font partie d'un réseau matriciel (1).
5. Procédé d'encodage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** lesdits capteurs (2) comprennent des éléments photosensibles (3).
6. Procédé d'encodage selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la pluralité des premières et secondes impulsions (a_i, a_j, p_i, p_j) sont présentées simultanément sur les bords dudit réseau (1) et codées sur un bus commun (12) pour l'amplitude et sur un bus commun (13) pour la phase, la répartition desdites impulsions sur les lignes de leur bus (12, 13) correspondant à l'adresse dans ledit réseau (1) du capteur (2) ayant donné naissance à ces impulsions et leur apparition dans le temps représentant respectivement la magnitude (N) et l'angle (α) du vecteur (V) concerné.
7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** consiste à modifier la pente dudit signal (r) en forme de rampe en fonction de l'apparition dans le temps desdites premières et secondes impulsions (a_i, a_j, p_i, p_j) provenant des différents capteurs (2).

50

55









Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 01 40 1094

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	US 4 747 150 A (KNUTSSON HANS ET AL) 24 mai 1988 (1988-05-24) * abrégé * * colonne 3, ligne 58 - colonne 4, ligne 20 * * page 37, ligne 16 - page 38, ligne 11 *	1-7	G06T9/20 H04N7/26 G06T7/20
A	WO 96 10163 A (BRITISH TECH GROUP ;BELTON PETER STANLEY (GB); WRIGHT KEVIN MICHAEL) 4 avril 1996 (1996-04-04) * page 37, ligne 16 - page 38, ligne 11; figure 8 *	1-7	
A	DE 198 21 974 A (SCHWARTE RUDOLF) 25 novembre 1999 (1999-11-25) * colonne 5, ligne 54 - colonne 6, ligne 3 *	1-7	
D,A	MORTARA A ET AL: "A COMMUNICATION SCHEME FOR ANALOG VLSI PERCEPTIVE SYSTEMS" IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 30, no. 6, 1 juin 1995 (1995-06-01), pages 660-669, XP000510117 ISSN: 0018-9200 * le document en entier *	1-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) G06T H04N
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31 mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 030100 A (MATSUSHITA ELECTRON CORP), 31 janvier 1995 (1995-01-31) * abrégé *	1-7	
D,A	FR 2 778 994 A (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH) 26 novembre 1999 (1999-11-26) * page 12, ligne 27 - page 13, ligne 10 *	1-7	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche MUNICH		Date d'achèvement de la recherche 13 juillet 2001	Examineur Schoeyer, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03/82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 1094

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier Informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-07-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4747150 A	24-05-1988	SE 448126 B	19-01-1987
		EP 0203053 A	26-11-1986
		JP 61273688 A	03-12-1986
		NO 861937 A	24-11-1986
		SE 8502571 A	24-11-1986
WO 9610163 A	04-04-1996	AU 3571895 A	19-04-1996
		EP 0783671 A	16-07-1997
		JP 10506711 T	30-06-1998
DE 19821974 A	25-11-1999	AU 5025599 A	06-12-1999
		BR 9910523 A	16-01-2001
		CN 1301401 T	27-06-2001
		WO 9960629 A	25-11-1999
		EP 1080500 A	07-03-2001
JP 07030100 A	31-01-1995	AUCUN	
FR 2778994 A	26-11-1999	EP 0961207 A	01-12-1999

EPO FORM P4460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

The present invention relates to a method of temporally encoding a plurality of items of information that may be represented by vectors each having a given magnitude and a given orientation, said information being gathered by a plurality of sensors.

A method of the above kind may find an application in the particular field of image processing to determining the direction and the amplitude of local transitions or spatial gradients of light captured by an array of photoreceivers. In this case, the magnitude of the vector may represent the local non-normalized contrast of the image.

This specific application of the invention must not be considered as in any way limiting on the invention, however. For example, the method of the invention may also be used to examine the speed at which objects are moving, the speed information being obtained by appropriate sensors.

In image processing applications, spatial gradients are conventionally determined by convolution of the image using convolution kernels. However, if the gradients must be determined for a plurality of directions, the same number of convolution kernels must be used, which presupposes considerable computing power. A method of the above kind is therefore hardly compatible with the processing of images captured by an array of photoreceivers, firstly because of the time that is required to perform the calculations and secondly because the large size of the circuit is not consistent with the size of the array of photoreceivers.

An object of the invention is to provide a method of encoding information that remedies the drawbacks which have just been referred to and achieves a processing speed compatible with analysis of information in real time.

It therefore consists in a method as defined in the preamble that is characterized in that it consists in:

- transforming each gathered item of information into a sinusoidal signal whose maximum amplitude represents the magnitude of the vector that represents that item of information and whose phase represents the angle of that vector;
- detecting said maximum amplitude;
- comparing that maximum amplitude to a decreasing ramp signal and generating a first pulse if the ramp signal is equal to the maximum amplitude; and
- generating a second pulse if said sinusoidal function crosses a null value after the generation of said first pulse;

said first and second pulses forming by their position in time a temporal encoding of the magnitude and the angle of said vector and therefore of said item of information.

Thanks to the above features, the coding method necessitates only a very small amount of computation and provides easy to use temporal encoding.

The method of the invention also has the advantage of being simple to implement, which is particularly important if the sensors take the form of an integrated circuit, in which case each sensor may be placed alongside its own processing circuit, which is also an integrated circuit.

The method according to the invention may also have the following features:

- said plurality of information items is provided by sensors arranged in an array and said sinusoidal signal is the result of combining the information item from one sensor with the information items from adjacent sensors modulated by the same sinusoidal function with respect to time whose phase constitutes the weighting of the adjacent sensors in said combination;

- the weighting is determined as a function of the location of the adjacent sensors relative to the sensor concerned;

- said sensors form part of a matrix array;

- said sensors comprise photosensitive elements;

- the first and second pulses are presented simultaneously to the edges of said array and coded on one common amplitude bus and on one common phase bus, the distribution of said pulses over the lines of their bus corresponding to the address in said array of the sensor that gave rise to those pulses and their occurrence in time respectively representing the magnitude and the angle of the vector concerned;

- the method further consists in modifying the slope of said ramp signal as a function of the occurrence in time of said first and second pulses coming from different sensors.

Other features and advantages of the invention will become apparent in the course of the following description, which is given by way of example only and refers to the appended drawings, in which:

- figure 1 is a simplified block schematic of an array of sensors and processing circuits for implementing the method according to the invention;

- figure 1A shows, in the context of an array of photosensitive sensors, an example of an image having local spatial gradients expressed by vectors V of given magnitude N and given angle α (phase p);

- figure 2 is a more detailed block schematic of the implementation of one sensor from the figure 1 array;

- figures 3, 4 and 6 are detailed block schematics of various units from the figure 2 block schematic;

- figures 5 and 7 are diagrams showing the execution of the coding method according to the invention.

Figure 1 shows, by way of one example of the application of the invention, an array 1 of photosensitive sensors (or pixels), for example disposed in a matrix of 100×100 pixels. A pixel 2 from the array has coordinates i, j , where i is any row number and j is any column number.

Referring to figure 2, each pixel 2 comprises a photosensitive element 3 that generates a photoelectric current I_{ph} as a function of the local illumination of the pixel 2 concerned and thereby constituting a local luminance signal. This photosensitive element 3 is connected to a processing circuit 5 which, for the pixel concerned, processes the luminance signal in the form of the current I_{ph} . There is therefore one processing circuit 5 for each pixel 2.

To perform its processing, the processing circuit 5 receives from adjoining pixels in the array 1 signals that are weighted as a function of the location of the pixels in the array. The signals are as follows:

- $-I_{ph(i-1,j)}\sin\omega t$ of pixel 2 with coordinates $(i-1), j$
- $+I_{ph(i+1,j)}\sin\omega t$ of pixel 2 with coordinates $(i+1), j$
- $-I_{ph(i,j+1)}\cos\omega t$ of pixel 2 with coordinates $i, (j+1)$
- $+I_{ph(i,j-1)}\cos\omega t$ of pixel 2 with coordinates $i, (j-1)$

and supplies to adjoining pixels the following signals:

- $+I_{ph(i,j)}\sin\omega t$ of pixel 2 with coordinates $(i-1), j$
- $-I_{ph(i,j)}\sin\omega t$ of pixel 2 with coordinates $(i+1), j$
- $+I_{ph(i,j)}\cos\omega t$ of pixel 2 with coordinates $i, (j+1)$
- $-I_{ph(i,j)}\cos\omega t$ of pixel 2 with coordinates $i, (j-1)$

The processing circuit 5 performs on the signals that are fed to it a calculation expressed by the following equation:

$$f_s(t) = (I_{ph(i+1,j)} - I_{ph(i-1,j)})\cos(2\pi\omega t) + (I_{ph(i,j+1)} - I_{ph(i,j-1)})\sin(2\pi\omega t)$$

In the above equation, the values $\cos(2\pi\omega t)$ and $\sin(2\pi\omega t)$ are derived from sinusoidal voltages $V_c(t)$ and $V_s(t)$ applied in common to all the pixels 2. The converter circuit 5 may therefore be deemed to act as a "turning filter".

The sinusoidal function $f_s(t)$ is applied to a peak sample and hold unit 6 which supplies a signal $A_{i,j}$ representing the maximum amplitude of the function $f_s(t)$. This signal is applied with the + sign to an adder 7.

The adder 7 receives from a ramp generator 8 a signal r with the - sign in the form of a decreasing ramp. The concept of a ramp signal must be interpreted in a broad sense since as previously indicated the slope may vary. The output of the adder 7 is connected to the zero crossing detection unit 9a. This detection unit is

conventional and is therefore not described in detail. At the output of this unit, a transition is generated on the zero crossing and sent to the communication unit 10a. On this transition, the latter unit delivers simultaneously two identical pulses a_i and a_j , referred to hereinafter as "amplitude pulses", both representing the maximum amplitude of the function, one being associated with the coordinate i of the pixel and the other with the coordinate j . The simultaneous occurrence of the two pulses a_i and a_j at the output of the comparator 7 therefore identifies unambiguously the pixel that was the source of this occurrence.

The sinusoidal function $f_s(t)$ is also applied to another zero crossing detector 9b that detects all zero crossing transitions. The output of this unit 9b is connected to another communication unit 10b which, following the appearance of the amplitude pulses, delivers a pair of pulses p_i and p_j , referred to hereinafter as "phase pulses", and respectively associated with the two coordinates i and j of the pixel concerned.

The amplitude and phase pulses generated in the above manner are fed to a processing circuit 11 (figure 1) which codes their occurrence on the wires of two buses 12 and 13, respectively, on the basis of the address of the pixel concerned in the array 1. The buses 12 and 13 are connected to a user device 14 that uses the coded information.

Processing circuits that may be used for the circuit 11 are described in a paper by Mortara et al., IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol 30, N° 6, June 1995, and in French patent N° 2 778 994 in the name of the Applicant and are therefore not described here.

It will be noted that the characteristics of the ramp signal r supplied by the generator 8 may be varied by means of a control circuit 15. This is discussed further hereinafter.

Figures 3 and 4 show one embodiment of the converter unit 5 for each pixel 2. The photosensitive element 3 is preferably a diode connected to two transistors 16 and 17. The transistor 17 is connected to a voltage $V_c(t)$ or $V_s(t)$ proportional to $I_{cos\omega t}$ or $I_{sin\omega t}$, which is therefore modulated by the photocurrent I_{ph} flowing through the transistor 16. This circuit constitutes what might be called a "one-quadrant multiplier".

The figure 4 circuit may be used to obtain a complete modulated current over four quadrants. The positive and negative values of the current $I_{ph} \cdot I_{cos\omega t}$ (or $I_{ph} \cdot I_{sin\omega t}$) flowing through the transistor 17 are fed to two terminals 18a and 18b, respectively, to which are connected two pairs of switches $\emptyset 1$ and $\emptyset 2$ that are also connected to two output terminals 19a and 19b at which appear the positive value $+I_s$ and the negative value $-I_s$, respectively, of the output current.

During the positive phase of the current $I_{ph}|\cos\omega t|$, the switches $\emptyset 1$ are activated to make a connection between the terminals 18a and 19a and between the terminals 18b and 19b. During the negative phase, the switches $\emptyset 2$ make a connection between the terminals 18a and 19b and between the terminals 18b and 19a. The switches $\emptyset 1$ and $\emptyset 2$ are controlled by the sinusoidal signal supplied to the array 1. Of course, the figure 4 circuit may operate *mutatis mutandis* with the value of the sine of the modulated current. The positive and negative replicas of the modulated currents may easily be obtained by means of a current inverting mirror known in the art.

Figure 5 shows the waveforms appearing at the output of the processing unit 5 for each pixel 2, the dashed line representing the maximum amplitude of the function $f_s(t)$. P designates the period of the local filter functions $I_{ph}\sin\omega t$ and $I_{ph}\cos\omega t$.

Figure 6 shows one embodiment of the peak sample and hold unit 6. It comprises a current mirror made up of transistors 20, 21 and 22. The branch of the current mirror comprising the transistors 20 and 21 carries the positive portion of the current corresponding to the function $f_s(t)$. The maximum value of the mirror current is available at the transistor 22 and is maintained in the form of a voltage by a capacitor 23 that may be an integrated component or formed by the stray capacitance at the corresponding location of the circuit.

The value of the current available at the transistor 22 is applied to the adder 7 (figure 1), in which it is summed with the ramp signal r coming from the ramp generator 8, as described hereinabove.

Figure 7 is a graph showing the operation of a pixel 2 of the photosensitive array according to the invention.

The curves in the portion a) of this figure show one half-cycle of the function $f_s(t)$ and the value of its maximum amplitude $A_{i,j}$, which is maintained in the unit 6. It is seen that, when the ramp signal r becomes equal to the maximum amplitude at the point 28, a pair of pulses of amplitude a_i, a_j is produced at the two outputs of the communication unit 10a.

It is also seen that the cycle of the function $f_s(t)$ immediately following the occurrence of the pulses a_i, a_j is the subject of zero crossing detection in the unit 9b, which produces the pair of phase pulses p_i, p_j at the output of the unit 10b. The phase difference corresponding to the direction of the local vector for the pixel i, j is designated dp in figures 5 and 7.

The ramp signal r produced by the generator 8 is a monotonous decreasing function that need not be linear. It may in fact be advantageous to modify the form of

this function when it is decreasing in order to be able to regulate the density of the events (pulses). The steeper its slope, the greater this density. The regulation circuit 15 needed for this purpose will be evident to the person skilled in the art and is therefore not described here.

In contrast to prior art image analysis devices in which information is potentially available synchronously, the method of the invention codes asynchronously local information gradients represented by their vectors. The outputs generated by the array of pixels do not require any arbitration, as each pixel of the array supplies its gradient information independently in time relative to the other pixels of the array. Thus a first event represented by the amplitude and phase pulses coming from a given pixel will have the amplitude of the highest gradient.

The method of the invention may be implemented in two specific modes. In a first of these modes all events (pulses) supplied by the array 1 may be presented to the user circuit 14. In contrast, in the second mode, only events caused by pixels 2 in which the direction of the gradient is in a predetermined range are considered. This second mode may apply time windows to the pulses generated. For example, all the phase pulses within a given time window may be taken into account and the others rejected. Another time window could be applied to the amplitude pulses and thereby highlight particular characteristics of the image under study. The method of the invention is therefore very flexible.

CLAIMS

1. A method of temporally encoding a plurality of items of information that may be represented by vectors (V) each having a given magnitude (N) and a given orientation (α), said information being gathered by a plurality of sensors (2), characterized in that it consists in:

- transforming each gathered item of information into a sinusoidal signal ($f_s(t)$) whose maximum amplitude represents the magnitude (N) of the vector (V) that represents that item of information and whose phase represents the angle (α) of that vector (V);

- detecting said maximum amplitude ($A_{i,j}$);

- comparing that maximum amplitude to a decreasing ramp signal (r) and generating a first pulse (a_i, a_j) if the ramp signal (r) is equal to the maximum amplitude;

- generating a second pulse (p_i, p_j) if said sinusoidal function ($f_s(t)$) crosses a null value after the generation of said first pulse;

- said first and second pulses (a_i, a_j, p_i, p_j) forming by their position in time a temporal encoding of the magnitude (N) and of the angle (α) of said vector (V) and therefore of said item of information.

2. A coding method according to claim 1, characterized in that said plurality of information items is provided by sensors (2) arranged in an array (1) and said sinusoidal signal ($f_s(t)$) is the result of combining the information item from one sensor (i, j) with the information items from adjacent sensors ($i-1, i+1, j-1, j+1$) modulated by the same sinusoidal function ($V_c(t)$) with respect to time whose phase constitutes the weighting of the adjacent sensors in said combination.

3. A coding method according to claim 2, characterized in that said weighting is determined as a function of the location of the adjacent sensors ($i-1, i+1, j-1, j+1$) relative to the sensor (i, j) concerned.

4. A coding method according to either claim 2 or claim 3, characterized in that said sensors (2) form part of a matrix array (1).

5. A coding method according to any of claims 1 to 4, characterized in that said sensors (2) comprise photosensitive elements (3).

6. A coding method according to claim 3, characterized in that the plurality of the first and second pulses (a_i, a_j, p_i, p_j) are presented simultaneously to the edges of said array (1) and coded on one common bus (12) for the amplitude and on one common bus (13) for the phase, the distribution of said pulses over the lines of their bus (12, 13) corresponding to the address in said array (1) of the sensor (2) that gave rise to those pulses and their occurrence in time respectively representing the

magnitude (N) and the angle (α) of the vector (V) concerned.

7. Method according to any preceding claim, characterized in that it consists in modifying the slope of said ramp signal (r) as a function of the occurrence in time of said first and second pulses (a_i , a_j , p_i , p_j) coming from different sensors (2).